

Rec'd PCT/PTO 29 JUN 2004

10/500278

PCT/JP03/03743

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

26.03.03

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 3月28日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-091207

[ST.10/C]:

[JP2002-091207]

出 願 人

Applicant(s):

信越半導体株式会社
三益半導体工業株式会社

REC'D 23 MAY 2003

WIPO PCT

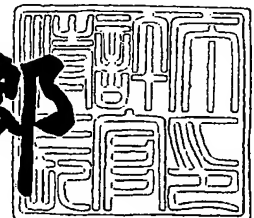
**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

2003年 5月 9日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2003-3033343

【書類名】 特許願

【整理番号】 0100292

【提出日】 平成14年 3月28日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B24B 37/04

【発明者】

【住所又は居所】 福島県西白河郡西郷村大字小田倉字大平 1 5 0 番地 信
越半導体株式会社 半導体白河研究所内

【氏名】 富永 広良

【発明者】

【住所又は居所】 群馬県群馬郡群馬町足門 7 6 2 番地 三益半導体工業
株式会社内

【氏名】 林 俊行

【特許出願人】

【識別番号】 000190149

【氏名又は名称】 信越半導体株式会社

【特許出願人】

【識別番号】 390004581

【氏名又は名称】 三益半導体工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100102532

【弁理士】

【氏名又は名称】 好宮 幹夫

【電話番号】 03-3844-4501

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 043247

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703915

【包括委任状番号】 9703978

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ウエーハの両面研磨装置及び両面研磨方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも、ウエーハ保持孔を有するキャリアプレート、研磨布が貼付された上定盤及び下定盤、及びスラリー供給手段を有し、前記ウエーハ保持孔内にウエーハを保持して、スラリーを供給しながら、前記上下定盤間でキャリアプレートを運動させてウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨装置において、前記上定盤の荷重支点部に形状調整手段を有することを特徴とするウエーハの両面研磨装置。

【請求項 2】 前記キャリアプレートの運動は、キャリアプレートの自転をともしない円運動であることを特徴とする請求項 1 に記載のウエーハの両面研磨装置。

【請求項 3】 前記上定盤の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点の P C D と、前記キャリアプレートの各保持孔の中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレートの保持孔中心の P C D とを一致させたものであることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載のウエーハの両面研磨装置。

【請求項 4】 少なくとも、ウエーハ保持孔を有する複数のキャリアプレート、該キャリアプレートを自転および公転させるためのサンギヤとインターナルギヤ、研磨布が貼付された上定盤及び下定盤、及びスラリー供給手段を有し、前記ウエーハ保持孔内にウエーハを保持して、スラリーを供給しながら、前記上下定盤間で複数のキャリアプレートを自転および公転させて、ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨装置において、前記上定盤の荷重支点部に形状調整手段を有することを特徴とするウエーハの両面研磨装置。

【請求項 5】 前記上定盤の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点の P C D と、前記複数のキャリアプレートの中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレート中心の P C D とを一致させたものであることを特徴とする請求項 4 に記載のウエーハの両面研磨装置。

【請求項 6】 前記形状調整手段がマイクロメータであることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 5 のいずれか一項に記載のウエーハの両面研磨装置。

【請求項 7】 前記定盤の材質がステンレス鋼であることを特徴とする請求項 1 ないし請求項 6 のいずれか一項に記載のウエーハの両面研磨装置。

【請求項 8】 キャリアプレートに形成されたウエーハ保持孔にウエーハを保持し、スラリーを供給しながら、研磨布が貼付された上定盤および下定盤の間で前記キャリアプレートを運動させて前記ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、前記スラリーの供給量を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することを特徴とするウエーハの両面研磨方法。

【請求項 9】 前記キャリアプレートの運動を、キャリアプレートの自転をともしない円運動とすることを特徴とする請求項 8 に記載のウエーハの両面研磨方法。

【請求項 10】 ウエーハを保持する保持孔が形成された複数のキャリアプレートにウエーハを保持し、スラリーを供給しながら、研磨布が貼付された上定盤および下定盤の間で前記複数のキャリアプレートをサンギヤとインターナルギヤとで自転および公転させて、前記ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、前記スラリーの供給量を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することを特徴とするウエーハの両面研磨方法。

【請求項 11】 前記スラリーの供給量の調節を、前記研磨布の使用時間に応じて行うことを特徴とする請求項 8 ないし請求項 10 のいずれか一項に記載のウエーハの両面研磨方法。

【請求項 12】 キャリアプレートに形成されたウエーハ保持孔にウエーハを保持し、スラリーを供給しながら、研磨布が貼付された上定盤および下定盤の間で前記キャリアプレートを運動させて前記ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、前記上定盤の荷重支点部に形状調整手段を設け、該形状調整手段を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することを特徴とするウエーハの両面研磨方法。

【請求項 13】 前記キャリアプレートの運動を、キャリアプレートの自転をともしない円運動とすることを特徴とする請求項 12 に記載のウエーハの両面研磨方法。

【請求項 14】 ウエーハを保持する保持孔が形成された複数のキャリアプレ

ートにウエーハを保持し、スラリーを供給しながら、研磨布が貼付された上定盤および下定盤の間で前記複数のキャリアプレートをサンギヤとインターナルギヤとで自転および公転させて、前記ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、前記上定盤の荷重支点部に形状調整手段を設け、該形状調整手段を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することを特徴とするウエーハの両面研磨方法。

【請求項 1 5】 前記供給するスラリーの供給量を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することを特徴とする請求項 1 2 ないし請求項 1 4 のいずれか一項に記載のウエーハの両面研磨方法。

【請求項 1 6】 前記上定盤の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点の P C D と、前記キャリアプレートに保持されたウエーハの中心を円で結んだ時の円の直径であるウエーハ中心の P C D または前記複数のキャリアプレートの中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレート中心の P C D とを一致させて研磨することを特徴とする請求項 8 ないし請求項 1 5 のいずれか一項に記載のウエーハの両面研磨方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、両面研磨装置を用いてウエーハを研磨する際に、経時的に変化するウエーハの品質を安定して維持することのできる研磨装置及び研磨方法に関し、特に、ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨装置の少なくとも上定盤の形状を制御することによって、ウエーハ形状を制御しつつウエーハの研磨を行うウエーハの両面研磨装置及び両面研磨方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来のウエーハの製造方法として、シリコンウエーハの製造方法を例に説明すると、まず、チョクラルスキー法（C Z 法）等によってシリコン単結晶インゴットを育成し、得られたシリコン単結晶インゴットをスライスしてシリコンウエーハを作製した後、このシリコンウエーハに対して面取り、ラッピング、エッチン

グの各工程が順次なされ、次いで少なくともウエーハの一主面を鏡面化する研磨工程が施される。

【0003】

このウエーハの研磨工程において、例えばシリコンウエーハの両面を研磨する場合に、両面研磨装置が用いられることがある。この両面研磨装置としては、通常、中心部のサンギヤと外周部のインターナルギヤの間にウエーハを保持するキャリアプレートが配置された遊星歯車構造を有するいわゆる4ウェイ方式の両面研磨装置が用いられている。

【0004】

この4ウェイ方式の両面研磨装置は、ウエーハ保持孔が形成された複数のキャリアプレートにシリコンウエーハを挿入・保持し、保持されたシリコンウエーハの上方から研磨スラリーを供給しながら、ウエーハの対向面に研磨布が貼付された上定盤および下定盤を各ウエーハの表裏面に押し付けて相対方向に回転させ、それと同時にキャリアプレートをサンギヤとインターナルギヤとによって自転および公転させることで、シリコンウエーハの両面を同時に研磨することができる。

【0005】

また、この他の形態の両面研磨装置として、例えば、特開平10-202511号公報に記載されているような両面研磨装置が知られている。図4にその両面研磨装置の概略断面説明図を示す。この両面研磨装置41は、シリコンウエーハ44が保持される複数のウエーハ保持孔を有するキャリアプレート46、このキャリアプレート46の上下方向に配置されて、シリコンウエーハ44の表裏両面を同時に研磨する研磨布45がウエーハ対向面に貼付された上定盤42および下定盤43、これらの上定盤42および下定盤43によって挟み込まれたキャリアプレート46をその表面と平行な面内で運動させるキャリア運動手段（不図示）とを備えている。また、上定盤42には、回転及び研磨荷重をかけるシリンダー47、その荷重を上定盤42に伝えるハウジング48、また、このハウジング48と上定盤42を固定するボルト等の固定手段49が設置されている。一方、下定盤43には、モータ及び減速機（不図示）からの回転を下定盤43に与えるシ

リンダー47、定盤の荷重を支えるスラスト軸受け50が設置されている。

【0006】

このような両面研磨装置41において、上定盤42と下定盤43の間により挟み込まれたキャリアプレート46は、キャリア運動手段（不図示）によりキャリアホルダ51を通して、自転をともしない円運動、すなわち、キャリアプレート46が自転することなく、上定盤42と下定盤43の回転軸から所定の距離偏心した状態を保持して旋回する一種の揺動運動をさせられる。またこのとき、シリコンウエーハ44は、キャリアプレート46のウエーハ保持孔内で回転可能に保持されているため、上定盤と下定盤を回転軸を中心にして互いに異なる回転速度や回転方向で回転させることにより、その回転速度の速い定盤の回転方向へ連れ回り（自転）させることができる。

【0007】

したがって、シリコンウエーハを両面研磨する際に、キャリアプレートの各ウエーハ保持孔にシリコンウエーハを挿入・保持し、研磨砥粒を含むスラリーをシリコンウエーハに供給しながら、上定盤および下定盤を互いに異なる回転速度や回転方向で回転させてウエーハ自体を保持孔内で自転させつつ、キャリアプレートに自転をともしない円運動を行なわせることにより、シリコンウエーハの表裏両面を同時にかつ均一に研磨することができる。このような形態の両面研磨装置は、大口径のウエーハにも容易に両面研磨を行うことができ、近年のウエーハの大口径化に伴い多く用いられるようになってきている。

【0008】

しかしながら、上記のような、4ウェイ方式の両面研磨装置やキャリアプレートに自転をともしない円運動を行なわせてウエーハの研磨を行う両面研磨装置を用いて、ウエーハを複数バッチ繰り返し研磨する場合、上下定盤に貼付された研磨布のライフや目詰まり等が影響して、研磨布の研磨能力等が経時変化してしまう。そのため、研磨布を取り替えることなく複数バッチのウエーハの研磨を行うと、研磨バッチ数が増えるにつれて研磨されるウエーハの形状が経時的に変化してしまい、バッチ毎のウエーハ形状に相違が生じ、ウエーハの安定した品質を維持することができないという問題があった。

【 0 0 0 9 】

このような問題を解決するため、従来は、研磨布の研磨能力等の経時変化に合わせて各種研磨条件を変化させることにより、ウェーハ形状の経時的な変化を制御してウェーハの研磨を行っている。例えば、定盤の温度等の条件を変化させることにより定盤の形状自体を変形させて、ウェーハの形状を制御する方法がある。

【 0 0 1 0 】

通常、両面研磨装置等で用いられる定盤としては、ウェーハを研磨する際に定盤形状が変形しないものが好ましいと考えられるが、ウェーハを研磨する際にこのような形状が変形しない定盤を用いた場合、研磨条件を種々変更したときの定盤とウェーハの合わせ込みが困難となり、また研磨布の研磨能力等の経時変化に対してウェーハの形状を制御することができなくなる。

このようなウェーハ形状の制御の困難性を回避するために、一般に、定盤には、ある程度変形するような材質、特に温度変化により変形する材質が用いられており、定盤内に冷却水等を流して定盤の温度を変化させて定盤形状を変形させることにより、ウェーハ形状を制御することができる。

【 0 0 1 1 】

しかしながら、このように定盤内に冷却水等を流して定盤の温度を変化させてウェーハ形状を制御しようとしても、従来の両面研磨では定盤の温度変化に対する定盤変形の応答性（定盤温度変化に対する直線性等）が悪く、定盤形状を精度良く制御することができず、特にウェーハ研磨中に研磨条件等を大きく変更した場合では、定盤内部の温度制御だけでは定盤を所望の形状に制御することができないという問題があった。また、複数バッチのウェーハを繰り返し研磨する場合、定盤変形の応答性が悪いため、ウェーハのバッチ数が増加するにつれ定盤形状を所望通りに制御することが困難となり、ウェーハ形状をバッチ毎に安定かつ高精度に制御することができなかった。特に、直径 3 0 0 mm 等の大口径のウェーハを複数バッチ繰り返し研磨すると、ウェーハ形状が中凸形状になりやすく、G B I R (G l o b a l B a c k I d e a l R a n g e) 等のフラットネスが悪化する等のウェーハ形状の悪化が顕著に見られた。つまり、従来のように定

盤内の温度を制御するだけでは、経時変化するウエーハ形状を十分に制御することができなかった。

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

本発明は上記問題点に鑑みて為されたものであり、本発明は、研磨布のライフや目詰まり等に起因する研磨能力等の経時的な変化に対して、定盤形状を高精度に制御することによりウエーハ形状を精度良く制御でき、またウエーハを複数バッチ繰り返し研磨しても高精度で安定して研磨することができるウエーハの両面研磨装置及び両面研磨方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明によれば、少なくとも、ウエーハ保持孔を有するキャリアプレート、研磨布が貼付された上定盤及び下定盤、及びスラリー供給手段を有し、前記ウエーハ保持孔内にウエーハを保持して、スラリーを供給しながら、前記上下定盤間でキャリアプレートを運動させてウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨装置において、前記上定盤の荷重支点部に形状調整手段を有することを特徴とするウエーハの両面研磨装置が提供される（請求項1）。

【0014】

このように、少なくとも、キャリアプレート、上定盤、下定盤、及びスラリー供給手段を有し、上下定盤間でキャリアプレートを運動させてウエーハの表裏両面を研磨する両面研磨装置において、上定盤の荷重支点部に形状調整手段を有する両面研磨装置であれば、上定盤の形状を形状調整手段により強制的に変形させることができるため、ウエーハを研磨する際の研磨布の研磨能力等の経時的な変化に合わせて、定盤形状を適切に制御することができる。それによって、ウエーハ形状を精度良く安定させて研磨を行うことができ、また、複数バッチのウエーハを繰り返し研磨する場合でも、ウエーハの形状を悪化させることなく、容易にバッチ毎のウエーハ形状を制御して研磨を行うことができる装置となる。

【0015】

このとき、前記キャリアプレートの運動は、キャリアプレートの自転をともなわない円運動であることが好ましい（請求項2）。

このように、キャリアプレートの運動が、キャリアプレートの自転をともなわない円運動、すなわち、キャリアプレートは自転することなく、上定盤と下定盤の回転軸から所定の距離偏心した状態を保持して旋回する揺動運動であれば、キャリアプレート上の全ての点は、同じ大きさの小円の軌跡を描くことになるため、それによって、ウエーハの表裏両研磨面の全域にわたって均一に研磨を行なうことができる。

【0016】

またこのとき、前記上定盤の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点のPCDと、前記キャリアプレートの各保持孔の中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレートの保持孔中心のPCDとを一致させたものであることが好ましい（請求項3）。

【0017】

このように、上定盤の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点のPCD（Pitch Circle Diameter）と、キャリアプレートの各保持孔の中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレートの保持孔中心のPCDとを一致させた両面研磨装置であれば、形状調整手段の調節やスラリー供給量の調節等に対する定盤変形の応答性を一層向上させることができ、容易に精度良く定盤形状を制御することができる。

【0018】

さらに、本発明によれば、少なくとも、ウエーハ保持孔を有する複数のキャリアプレート、該キャリアプレートを自転および公転させるためのサンギヤとインターナルギヤ、研磨布が貼付された上定盤及び下定盤、及びスラリー供給手段を有し、前記ウエーハ保持孔内にウエーハを保持して、スラリーを供給しながら、前記上下定盤間で複数のキャリアプレートを自転および公転させて、ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨装置において、前記上定盤の荷重支点部に形状調整手段を有することを特徴とするウエーハの両面研磨装置が提供される（請求項4）。

【0019】

このように、少なくとも、キャリアプレート、サンギヤ、インターナルギヤ、上定盤、下定盤、及びスラリ供給手段を有し、上下定盤間で複数のキャリアプレートを自転および公転運動させて、ウエーハの表裏両面を研磨する両面研磨装置において、上定盤の荷重支点部に形状調整手段を有する両面研磨装置であれば、上定盤の形状を形状調整手段により強制的に変形させることができるため、ウエーハを研磨する際の研磨布の研磨能力等の経時的な変化に合わせて、定盤形状を適切に制御することができる。それによって、ウエーハ形状を精度良く安定させて研磨を行うことができ、また、複数バッチのウエーハを繰り返し研磨する場合でも、ウエーハの形状を悪化させることなく、容易にバッチ毎のウエーハ形状を制御して研磨を行うことができる装置となる。

【0020】

このとき、前記上定盤の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点のPCDと、前記複数のキャリアプレートの中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレート中心のPCDとを一致させたものであることが好ましい（請求項5）。

【0021】

このように、上定盤の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点のPCDと、前記複数のキャリアプレートの中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレート中心のPCDとを一致させた両面研磨装置であれば、形状調整手段の調節やスラリ供給量の調節等に対する定盤変形の応答性を一層向上させることができ、容易に精度良く定盤形状を制御することができる。

【0022】

さらに、前記形状調整手段がマイクロメータであることが好ましい（請求項6）。

このように、形状調整手段がマイクロメータであれば、マイクロメータを調節することによって、上定盤を機械的に所望の大きさに押圧して強制的に変形させることができ、定盤を所望の形状に精度良く変形させることができる。

【0023】

また、前記定盤の材質がステンレス鋼であることが好ましい（請求項 7）。

このように、定盤の材質がステンレス鋼であれば、定盤を適度に変形させることが可能であるため、形状調整手段等による定盤の変形を容易に行うことができる。

【 0 0 2 4 】

また、本発明に係るウエーハの両面研磨方法は、キャリアプレートに形成されたウエーハ保持孔にウエーハを保持し、スラリーを供給しながら、研磨布が貼付された上定盤および下定盤の間に前記キャリアプレートを運動させて前記ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、前記スラリーの供給量を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することを特徴とするウエーハの両面研磨方法である（請求項 8）。

【 0 0 2 5 】

上記のようなウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、スラリーの供給量を調節して研磨することによって、研磨面の温度を制御でき、定盤形状を優れた応答性で制御することができる。それによって、ウエーハ形状を悪化させることなく安定した研磨を行うことができる。

【 0 0 2 6 】

このとき、前記キャリアプレートの運動を、キャリアプレートの自転をともなわない円運動とすることが好ましい（請求項 9）。

このように、キャリアプレートの運動をキャリアプレートの自転をともなわない円運動とすることによって、キャリアプレートに保持されたウエーハの表裏両研磨面の全域にわたって、均一に研磨を行なうことができる。

【 0 0 2 7 】

さらに、本発明によれば、ウエーハを保持する保持孔が形成された複数のキャリアプレートにウエーハを保持し、スラリーを供給しながら、研磨布が貼付された上定盤および下定盤の間に前記複数のキャリアプレートをサンギヤとインターナルギヤとで自転および公転させて、前記ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、前記スラリーの供給量を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することを特徴とするウエーハの両面研磨方法が提供される（請求項 1 0）

【 0 0 2 8 】

上記のようなウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、スラリーの供給量を調節して研磨することによって、研磨面の温度を制御でき、定盤形状を優れた応答性で制御することができる。それによって、ウエーハ形状を悪化させることなく安定した研磨を行うことができる。

【 0 0 2 9 】

このとき、前記スラリーの供給量の調節を、前記研磨布の使用時間に応じて行うことが好ましい（請求項 1 1）。

このように、スラリーの供給量の調節を研磨布の使用時間に応じて行うことによって、研磨布の研磨能力等の経時変化に合わせて定盤形状を精度良く制御することができる。例えば、スラリーの供給量の調節は、研磨布の使用時間が長くなるにつれ、スラリーの供給量が減少するように行えば良く、このようにスラリーの供給量を調節することによって、複数バッチのウエーハを繰り返し研磨する場合でも、ウエーハ形状を悪化させることなく、安定した研磨を行うことができる。

【 0 0 3 0 】

さらに、本発明に係るウエーハの両面研磨方法は、キャリアプレートに形成されたウエーハ保持孔にウエーハを保持し、スラリーを供給しながら、研磨布が貼付された上定盤および下定盤の間で前記キャリアプレートを運動させて前記ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、前記上定盤の荷重支点部に形状調整手段を設け、該形状調整手段を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することを特徴とするウエーハの両面研磨方法である（請求項 1 2）。

【 0 0 3 1 】

上記のようなウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、前記上定盤の荷重支点部に形状調整手段を設け、該形状調整手段を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することによって、上定盤の形状を形状調整手段により強制的に変形させることができるため、ウエーハを研磨する際の研磨布の研磨能力等の経時的な変化に合わせて、定盤形状を適切に制御することができる。それによ

って、ウエーハ形状を精度良く安定させて研磨を行うことができ、また、複数バッチのウエーハを繰り返し研磨する場合でも、ウエーハの形状を悪化させることなく精度良く制御し、安定して研磨を行うことができる。

【0032】

このとき、前記キャリアプレートの運動を、キャリアプレートの自転をともしない円運動とすることが好ましい（請求項13）。

このように、キャリアプレートの運動をキャリアプレートの自転をともしない円運動とすることによって、キャリアプレートに保持されたウエーハの表裏両研磨面の全域にわたって、均一に研磨を行なうことができる。

【0033】

さらに、本発明によれば、ウエーハを保持する保持孔が形成された複数のキャリアプレートにウエーハを保持し、スラリーを供給しながら、研磨布が貼付された上定盤および下定盤の間で前記複数のキャリアプレートをサンギヤとインターナルギヤとで自転および公転させて、前記ウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、前記上定盤の荷重支点部に形状調整手段を設け、該形状調整手段を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することを特徴とするウエーハの両面研磨方法が提供される（請求項14）。

【0034】

上記のようなウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨方法において、上定盤の荷重支点部に形状調整手段を設け、該形状調整手段を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することによって、上定盤の形状を形状調整手段により強制的に変形させることができるため、ウエーハを研磨する際の研磨布の研磨能力等の経時的な変化に合わせて、定盤形状を適切に制御することができる。それによって、ウエーハ形状を精度良く安定させて研磨を行うことができ、また、複数バッチのウエーハを繰り返し研磨する場合でも、ウエーハの形状を悪化させることなく精度良く制御し、安定して研磨を行うことができる。

【0035】

このとき、前記供給するスラリーの供給量を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することが好ましい（請求項15）。

上述のように上定盤の荷重支点部に形状調整手段を設け、さらにこのように、供給するスラリーの供給量を調節することにより、定盤形状をさらに高精度に制御することができ、ウェーハ形状の悪化を確実に防止することができる。

【0036】

さらにこのとき、前記上定盤の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点のPCDと、前記キャリアプレートに保持されたウェーハの中心を円で結んだ時の円の直径であるウェーハ中心のPCDまたは前記複数のキャリアプレートの中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレート中心のPCDとを一致させて研磨することが好ましい（請求項16）。

【0037】

上記の両面研磨方法において、上定盤の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点のPCDと、前記キャリアプレートに保持されたウェーハの中心を円で結んだ時の円の直径であるウェーハ中心のPCDまたは前記複数のキャリアプレートの中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレート中心のPCDとを一致させて研磨することによって、供給されるスラリー供給量の調節やマイクロメータ等の形状調整手段の調節による定盤形状の制御を優れた応答性で行うことができる。それによって、ウェーハ形状の経時的な変化に対して定盤形状を精度良く制御することができ、複数バッチのウェーハを繰り返し研磨する際でもウェーハの形状を精度良く制御し安定して研磨を行うことができる。

【0038】

【発明の実施の形態】

以下、本発明について実施の形態を説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

従来用いられている例えば図4に示すような両面研磨装置を用いてウェーハを研磨する場合、定盤温度を制御するだけでは、定盤変形の応答性が悪いため、所望の定盤形状に精度良く制御することができず、ウェーハ形状を安定かつ高精度に制御することができなかった。

【0039】

そこで、本発明者は、上記問題点を解決する為に、定盤の温度制御以外に定盤

形状を制御する方法として、研磨を行う際に供給されるスラリーの供給量を調節して定盤形状を制御すること、また上定盤の荷重支点部に形状調整手段を設け、該形状調整手段を調節して定盤形状を制御することに想到し、鋭意検討を重ねることにより本発明を完成させるに至った。

【0040】

まず、本発明に係るウエーハの両面研磨装置の一例について図面を参照して説明する。図1は、本発明に係る両面研磨装置の概略断面説明図である。

この両面研磨装置1は、ウエーハ保持孔を有するキャリアプレート6、研磨布5が貼付された上定盤2と下定盤3、及びスラリーを供給するためのスラリー供給手段16を有しており、ウエーハ4をキャリアプレート6のウエーハ保持孔に挿入・保持し、上定盤2及び下定盤3で上下から挟み込んで、スラリー供給手段16からスラリーを供給しながら、上定盤2及び下定盤3をウエーハ4に対して垂直な回転軸を中心に回転させることにより、ウエーハ4の表裏面を同時に研磨することができる。

【0041】

また、上定盤2には、回転及び研磨荷重をかけるシリンダー7、その荷重を上定盤2に伝えるハウジング8、このハウジング8と上定盤2を固定するボルト等の固定手段9が設置されており、さらに、上定盤2内には定盤の温度を制御するための温調手段（不図示）を具備している。温調手段は特に限定されないが、定盤内に配置された配管に冷却水や温水が供給できるようになっている。

【0042】

この上定盤2は、ボルト等の固定手段9でハウジング8に保持されており、ウエーハを研磨する際には、上定盤2に所定の荷重が付加されて研磨が行われる。そのため、上定盤2の荷重支点は上定盤2とハウジング8の接合部分である固定手段9にある。

【0043】

本発明の両面研磨装置1は、上定盤2の荷重支点である固定手段9近傍の荷重支点部、例えば図1に示すように固定手段9の外周側と中心側の2点に形状調整手段15を設置し、この設置した形状調整手段15を調節することによって、上

定盤2を機械的に押圧してその形状を強制的に変形させることができる。このように、本発明の両面研磨装置は、ウェーハを研磨する際に研磨布5の研磨能力等の経時的な変化に応じて形状調整手段15を調節して上定盤2の形状を強制的に精度良く制御することができるため、ウェーハを高精度に安定して研磨することができる両面研磨装置とすることができる。

【0044】

このとき、形状調整手段15は特に限定されるものではないが、例えばマイクロメータであることが好ましい。このように、形状調整手段がマイクロメータであれば、マイクロメータを正確に調節することによって、上定盤を機械的に所望の大きさに押圧して強制的に変形させることができ、定盤を所望の形状に精度良く変形させることができる。

【0045】

一方、下定盤3には、モータ及び減速機（不図示）からの回転を下定盤に与えるシリンダー7、定盤の荷重を支えるスラスト軸受け10が設置されており、また下定盤内にも上定盤と同様に定盤の温度を制御するための不図示の温調手段を具備している。

【0046】

これらの上定盤2および下定盤3の材質は、ステンレス鋼（SUS）であることが好ましい。このように定盤の材質がステンレス鋼（SUS）であれば、定盤を適度に変形させることが可能であるため、形状調整手段等による定盤の変形を容易に行うことができる。また、上定盤2の下面および下定盤3の上面に貼付され、ウェーハ表裏両面を鏡面化させる研磨布5の種類および材質については、特に限定されないが、例えば、一般的な研磨布である硬質発泡ウレタンパッド、不織布にウレタン樹脂を含浸・硬化させた軟質の不織布パッド等を用いることができる。例えば、軟質不織布としてはロデール社製Suba600などが用いられる。その他、不織布からなる基布の上にウレタン樹脂を発泡させた2層以上の研磨布なども用いることができる。

【0047】

また、スラリー供給手段16は、上定盤にロータリジョイント（不図示）を介

してスラリー供給孔を設けることにより構成され、例えば、不図示の電磁弁等によりスラリーの供給量を変化させることができる。また、スラリー供給手段は複数形成することができ、例えばキャリアプレート揺動運動させても、ウェーハの表面に常にスラリーが供給されるように、ウェーハが常に存在する所定幅の円環状の領域に配置されていることが好ましい。

【0048】

また、キャリアプレート6は、円板形状のプレートに例えば5つのウェーハ保持孔が形成されており、ウェーハ4をこのウェーハ保持孔内に回転可能に保持することができる。このキャリアプレート6の材質等については特に限定されるものではないが、例えばガラスエポキシ製のものが使用されることが好ましい。

【0049】

このキャリアプレート6は、その外周部をキャリアホルダ11の環状部11(b)で保持されており、キャリアプレート自体が回転することなく、キャリアプレート面と平行な面(水平面)内で円運動させられる。また、このキャリアホルダ11の環状部11(b)の外周には、外方へ突出した複数の軸受部11(a)が配設されている。このキャリアホルダの各軸受部11(a)には、小径円板形状の偏心アーム12の偏心軸12(a)が挿着されており、この偏心アーム12の各下面の中心部には、回転軸12(b)が垂設されている。さらに、これらの回転軸12(b)の先端には、それぞれスプロケット13が固着されており、各スプロケット13には一連にタイミングチェーン14が水平状態で架け渡されている。これらのスプロケット13とタイミングチェーン14は、複数の偏心アーム12を同期して回転させる同期手段を構成している。

【0050】

そして、スプロケット13の一つに接続された円運動用モータ(不図示)を作動させてスプロケット13の一つに回転を与え、このスプロケット13を介してタイミングチェーン14を回転させ、このタイミングチェーンが回転することにより、複数の偏心アーム12が同期して回転軸12(b)を中心に水平面内で回転する。これによって、それぞれの偏心アーム12に連結されているキャリアホルダ11、またこのキャリアホルダ11に保持されたキャリアプレート6を、キ

キャリアプレートに平行な水平面内で、偏心アーム12の偏心軸12(a)と回転軸12(b)との距離と同間隔で上下定盤2, 3の回転軸から偏心して旋回する円運動を行なわせることができる。

【0051】

このように、キャリアプレート6に自転をともしない円運動をさせることにより、キャリアプレート6上の全ての点は同じ大きさの小円の軌跡を描くこととなり、それによって、キャリアプレート6に保持されたウエーハ4を、表裏両研磨面の全域にわたって均一に研磨を行なうことができる。

【0052】

このような両面研磨装置1において、上定盤2の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点のPCD(Pitch circle diameter)と、キャリアプレート6の各保持孔の中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレートの保持孔中心のPCDとを一致させることが好ましい。

【0053】

具体的に説明すると、上述したように、両面研磨装置1の上定盤2の荷重支点は、上定盤2とハウジング8の接合部分である固定手段9にある。したがって、上定盤荷重支点のPCDとは、上定盤の荷重支点である固定手段9の中心を円で結んだ時の円(以下、ピッチ円ということがある)の直径で表すことができる。またキャリアプレート6の保持孔中心のPCDとは、上記のようなキャリアプレート6が一枚である両面研磨装置の場合、キャリアプレート6に形成されたウエーハ保持孔の中心(キャリアプレート6に保持されたウエーハ4のウエーハ中心とほぼ一致する)を円で結んだ時のピッチ円の直径で表すことができる。

【0054】

そして、これらの上定盤荷重支点のPCDとキャリアプレートの保持孔中心のPCDとを一致させることにより、ウエーハを研磨する際の研磨スラリーの供給量の調節及び形状調整手段の調節に対する定盤変形の応答性(特に直線性)を向上させることができ、それによって、研磨されるウエーハ形状を高精度に制御し安定した研磨を行うことができる両面研磨装置とすることができる。

【0055】

これらの上定盤荷重支点のPCDとキャリアプレートの保持孔中心のPCDは、両面研磨装置の設計段階において、上定盤とキャリアプレートとを調整することにより一致させることができる。また既存の両面研磨装置については、キャリアプレートの作製段階でウェーハ保持孔の位置を調整することにより、上定盤荷重支点のPCDとキャリアプレートの保持孔中心のPCDを一致させることが可能であり、簡便である。

【0056】

このとき、上定盤荷重支点のPCDとキャリアプレートの保持孔中心のPCDを一致させることが重要であり、また研磨中にはそれらのピッチ円が同じ位置にあることが好ましい。しかし、両面研磨装置1のキャリアプレート6が、上述のように、上下定盤の回転軸から偏心して旋回する円運動を行う場合、上定盤荷重支点で作られるピッチ円の直径とキャリアプレートの保持孔中心で作られるピッチ円の直径は一致しているものの、研磨中にキャリアプレート6の保持孔中心のピッチ円の位置は経時的に変化するため、常に定盤荷重支点のピッチ円とキャリアプレートの保持孔中心のピッチ円を一致させることはできない。したがって、このような場合には、上定盤荷重支点のピッチ円と、キャリアプレートのウェーハ保持孔中心（キャリアプレートに保持されたウェーハのウェーハ中心）の小円軌道の平均的な位置を円で結んだ時の円を一致させれば良く、本発明でいうPCDを一致させるというのは、直径の一致及びこのようなピッチ円の位置を一致させることも含まれる。

【0057】

また上記において、上定盤荷重支点のPCDとキャリアプレートの保持孔中心（キャリアプレートに保持されたウェーハのウェーハ中心）のPCDを一致させるとは、直径及びピッチ円の位置も含め公差5mm以内でそれらを一致させれば良い。上定盤荷重支点のPCDとキャリアプレートの保持孔中心のPCDは完全に一致させることがより好ましいが、実際には多少の公差が生じるのは当然であるし、研磨中の偏心を考慮すると、公差5mm以内で一致させることにより研磨条件変更に対する定盤変形の応答性を十分に向上させることができる。すなわち、本発明でいうPCDを一致させるとは、このような多少の公差がある場合も含

むものである。

【0058】

次に、図1に示した両面研磨装置1を用いて、ウエーハの表裏両面を同時に研磨する方法を示す。

まず、ウエーハ4をウエーハ保持孔が形成されたキャリアプレート6に挿入・保持した後、キャリアプレート6に保持されたウエーハ4を、上下定盤2, 3を回転軸線方向へ進退させる昇降装置（不図示）を用いて、研磨布5が貼付された上定盤2及び下定盤3で挟み込む。その後、スラリー供給手段16からスラリーを供給しながら、上側回転モータ（不図示）からシリンダー7を介して上定盤2を水平面内で回転させ、また下側回転モータ（不図示）からシリンダー7を介して下定盤3を水平面内で回転させる。このとき、ウエーハ4は、キャリアプレート6のウエーハ保持孔内で回転可能に保持されているため、上定盤2と下定盤3の回転速度を調節することにより、その回転速度の速い定盤の回転方向へ連れ回り（自転）させることができる。また、上下定盤2, 3を回転させると同時に、キャリアプレート6を、偏心アーム12が装着されたキャリアホルダ11によって、キャリアプレートの自転をとみなわない円運動で運動させる。それによって、ウエーハ4の表裏両面を同時に均一に研磨することができる。

【0059】

このとき、上定盤2および下定盤3の回転速度は限定されず、また、各回転方向、上定盤2および下定盤3のウエーハ4に対する押圧力も限定されるものではない。上定盤および下定盤のシリコンウエーハの表裏両面に対する押圧は、流体等を介した加圧方法により行なうことが好ましく、主に上定盤に配置したハウジング部分により加圧される。通常、上下定盤のウエーハに対する押圧力は $100 \sim 300 \text{ g/cm}^2$ ある。またこのとき、ウエーハ表裏両面の研磨量および研磨速度も限定されない。

【0060】

このようにウエーハの表裏両面を同時に研磨する際に、スラリー供給手段16から供給されるスラリーの供給量を調節することによって、研磨面の温度を制御することができ、それによって、定盤形状を優れた応答性で制御しつつウエーハ

を研磨することができる。

【0061】

スラリー供給手段から供給されるスラリーの供給量は、キャリアプレートの大きさ等の条件により異なるため限定されないが、通常は2.0～6.0リットル／分である。このとき、スラリーの供給量を調節することによって、研磨中の研磨面の温度を制御でき、定盤形状を優れた応答性で制御することができる。それによって、ウェーハ形状を悪化させることなく安定した研磨を行うことができる。その際、使用されるスラリーの種類は限定されないが、例えば、シリコンウェーハを研磨する場合であれば、コロイダルシリカを含有したpH9～11のアルカリ溶液を採用することができる。

【0062】

このとき、スラリーの供給量の調節を研磨布の使用時間に応じて行うことが好ましく、それによって、研磨布の研磨能力等の経時変化に合わせて定盤形状を精度良く制御することができる。スラリーの供給量の調節は、例えば、研磨布の使用時間が長くなるにつれて、ウェーハ形状が管理目標値の範囲から外れないようにスラリーの供給量が経時的に減少するように調節すれば良く、その割合は研磨装置や研磨条件により適宜設定される。例えば、スラリーの供給量を5バッチのウェーハを研磨する毎に0.2リットル／分程度ずつ低下させるように調節することによって、研磨の進行にともなうウェーハ形状の変化を相殺するように定盤形状を変形させることができ、ウェーハ形状を容易に制御しながら研磨を行うことができる。それによって、複数バッチのウェーハを研磨する際にも、ウェーハ形状の経時的な変化を抑制でき、ウェーハの形状を悪化させることなく、ウェーハ形状を精度良く制御し安定して研磨を行うことができる。

【0063】

また、上記のようにウェーハの表裏両面を同時に研磨する際に、上定盤の荷重支点部に形状調整手段を設け、この形状調整手段を調節して定盤形状を制御しつつ研磨することによって、上定盤の形状を形状調整手段により強制的に変形させることができるため、ウェーハ形状の経時的な変化に合わせて定盤形状を適切に制御することができる。

【0064】

例えば、図2（a）に示すように、上定盤2の荷重支点である固定手段9の外周側と中心側の2点に形状調整手段15として上記に例示したマイクロメータを設置し、これらの各荷重支点部に設置した2つのマイクロメータのうち、固定手段9の外周側のマイクロメータを上方に緩め、中心側のマイクロメータを下方に押圧するように調節することによって、図2（b）に示すように、上定盤2の形状を下に凸状となるように制御することができる。また反対に、固定手段9の外周側のマイクロメータを下方に押圧し、中心側のマイクロメータを上方に緩めるように調節することによって、図2（c）に示すように、上定盤2の形状を上凸状となるように制御することができる。

【0065】

このとき、マイクロメータの調整量については、予め研磨温度等の研磨条件とウェーハ形状の変化との関係を明らかにしておくことによって決定される。この研磨条件とウェーハ形状の関係に基づいてマイクロメータを適切に調節することによって、研磨の進行にともなうウェーハ形状の変化を相殺するように定盤形状を変形させることができ、ウェーハ形状を容易に制御しながら研磨を行うことができる。それによって、複数バッチのウェーハの研磨を行う際にも、ウェーハ形状の経時的な変化を抑制でき、ウェーハの形状を悪化させることなく精度良く制御して、安定した研磨を行うことができる。

【0066】

さらにこのとき、上定盤の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点のPCDと、キャリアプレートに保持されたウェーハの中心を円で結んだ時の円の直径であるウェーハ中心のPCDとを一致させてウェーハを研磨することが好ましい。このように、上定盤荷重支点のPCDとウェーハ中心のPCDとを一致させることによって、スラリーの供給量の調節による定盤形状の制御、及び形状調整手段の調節による定盤形状の制御の応答性を一層向上させることができ、定盤形状を高精度に制御することができる。したがって、研磨の進行にともなうウェーハ形状の経時的な変化に対して、その変化を相殺するように定盤形状を精度良く制御することが可能となるため、ウェーハ形状を容易に制御しながら

研磨を行うことができる。従って、複数バッチのウエーハを繰り返し研磨する際でも、ウエーハ形状を精度良く維持し、安定して研磨を行うことができる。

【0067】

以下、スラリー供給量の変化（調節）による定盤変形の応答性、及び形状調整手段の調節による定盤変形の応答性について評価するために、スラリー供給量を変化させて、または形状調整手段を調節して研磨を行い、ウエーハ形状の応答性（特に直線性）について実験を行った結果を示す。

【0068】

ウエーハの両面研磨装置として、図1に示す両面研磨装置を用いた。この両面研磨装置は、例えば、上定盤荷重支点のPCDが600mm、キャリアプレートの保持孔中心のPCDが600mmと一致させた。また、キャリアプレートが自転をとみなわない円運動で運動する際に、キャリアプレートの保持孔中心で作るピッチ円の平均的な位置と上定盤荷重支点で作るピッチ円の位置を一致させるようにした。また、形状調整手段15として、上定盤2の荷重支点である固定手段9の外周側と中心側の2点にマイクロメータを設置し、これにより定盤形状を強制的に変形できるようにした。

【0069】

この両面研磨装置を用いて、まず、キャリアプレート（5つの保持孔を有するキャリアプレート）の各ウエーハ保持孔にそれぞれ回転可能に直径300mmのシリコンウエーハを5枚（1バッチ）挿入した。各ウエーハは軟質不織布（研磨パッド）が貼付された上下定盤により 200 g/cm^2 で押し付けられた。

【0070】

その後、これらの上下研磨パッドをウエーハ表裏両面に押し付けたまま、上定盤側からスラリーを供給して上下定盤を回転させ、また円運動用モータによりタイミングチェーンを周転させて、キャリアプレートに自転をとみなわない円運動（直径10cm程度の円運動）をさせて、ウエーハの表裏両面を研磨した。なお、ここで使用するスラリーは、pH10.5のアルカリ溶液中に、粒度0.05 μm のコロイダルシリカからなる研磨砥粒を分散したものを使用した。

【0071】

(スラリー供給量の変化(調節)による定盤変形の応答性)

スラリー供給量の変化(調節)による定盤変形の応答性を評価するために、スラリー供給量を等間隔で5段階変化させて、スラリー供給量の変化に対するウェーハ形状の応答性について調べた。実際には、実験条件1のスラリー供給量を3.0リットル/分に設定し、さらに実験条件2～実験条件5まで0.2リットル/分ずつ供給量を変化(増加)させて、スラリー供給量の変化に対するウェーハ形状の変化(定盤形状の変化)を確認した。このとき、その他の条件については可能な限り同条件とし、特に研磨布は使用時間が同じ程度のものを用いて実験を行った。

【0072】

この場合、定盤形状の変化を直接観察して定盤変形の応答性を評価しても良いが、実際には研磨ウェーハの形状が重要である。そのため、本実験においてはウェーハ形状を表すパラメータとして研磨後のウェーハの凹凸を測定し、中心部と外周部の厚さについて確認することによって、スラリー供給量の変化に対するウェーハ形状の応答性について評価を行った。測定の際には実験条件3の形状を基準とし、それより凸形状であればプラス、凹形状であればマイナス側とし、その変化を相対的に評価した。

【0073】

(形状調整手段の調節による定盤変形の応答性)

形状調整手段の調節による定盤変形の応答性を評価するために、上定盤のハウジング付近に設置された外周側のマイクロメータと中心側のマイクロメータをそれぞれ上下に調節することにより、5つの条件で定盤形状を変化させて研磨を行った。

【0074】

すなわち、実験条件3の状態(外周側のマイクロメータと中心側のマイクロメータの高さを同じにしたもの)を基準とし、外周側のマイクロメータを上方に緩めたものを実験条件2、更に中心側のマイクロメータを下方に押圧したものを実験条件1とした。また反対に、実験条件3を基準として、中心側のマイクロメータを上方に緩めたものを実験条件4、更に外周側のマイクロメータを下方に押圧

したものを実験条件 5 とした。つまり、実験条件 1 及び 2 は上定盤の形状が図 2 (b) に示したような下凸形状になるように、実験条件 4 及び 5 では図 2 (c) に示すような上凸形状になるように制御し、この形状調整手段の調節に対するウェーハ形状の変化を確認した。

【0075】

このとき、その他の条件は可能な限り同条件とし、特に研磨布は使用時間が同じ程度のものを用いて実験を行った。また、ウェーハ形状を表すパラメータとして、上記と同様に、研磨後のウェーハの凹凸を測定して形状調整手段の調節に対するウェーハ形状の応答性について評価した。

【0076】

スラリー供給量の変化によるウェーハ形状の応答性を測定した結果を図 5 に、また形状調整手段の調節によるウェーハ形状の応答性を測定した結果を図 6 に示す。これらの測定結果は、5 枚 (1 バッチ) の平均値を実験条件毎にプロットしたものである。スラリー供給量を変化させた場合は、図 5 に示したように、直線性がよく (相関係数 0.998)、スラリー供給量の変化に対するウェーハ形状の応答性 (すなわち、定盤変形の応答性) が良いことがわかる。また形状調整手段を調節した場合も同様に、図 6 に示したように、直線性がよく (相関係数 0.995)、形状調整手段の変化に対するウェーハ形状の応答性 (すなわち、定盤変形の応答性) が良いことがわかる。

【0077】

以上の実験結果より、スラリー供給量や形状調整手段の調節による定盤変形の応答性はたいへん良好であることがわかる。これによって、例えば、同じ研磨布を用い連続して研磨を繰り返すことによって生じるウェーハ形状の変化に対し、これを相殺するように、図 5 又は図 6 に示すウェーハ形状の応答性 (直線性) を考慮してスラリー供給量または形状調整手段を調節することにより、ウェーハ形状を悪化させることなく、高精度で安定した研磨を行うことができる。

【0078】

また、上記に示したように、スラリーの供給量の調節、また形状調整手段の調節は、それぞれ別途に行うことによって定盤形状を精度良く制御することができ

るが、さらにスラリーの供給量と形状調整手段とを合わせて調節することにより、また定盤温度も定盤内の温調手段により合わせて調節することにより、より高精度にかつ容易に定盤形状を制御することができる。それによって、より高精度にウエーハ形状を制御でき安定して研磨を行うことができる。また、複数バッチのウエーハを繰り返し研磨しても、バッチ毎のウエーハの形状を極めて高精度に維持でき安定して研磨を行うことができる。

【0079】

また、これらのスラリーの供給量の調節及び形状調整手段の調節による定盤形状の制御は、研磨バッチ毎に調節しても良いし、研磨中に調節しても良い。通常研磨バッチ毎に調整することによって、ウエーハ形状を十分に制御することができる。例えば、数バッチのウエーハを研磨した後、ウエーハ形状を調べ、そのウエーハ形状の経時変化に応じてスラリー供給量の調整及び／または形状調整手段の調節を行って定盤形状を制御してから、次のバッチの研磨を行なうようにしても良い。

【0080】

次に、本発明の別の形態である両面研磨装置について説明する。図3に本発明に係る4ウェイ方式の両面研磨装置の概略断面説明図を示す。

この4ウェイ方式の両面研磨装置21は、ウエーハ保持孔を有する複数のキャリアプレート26、キャリアプレートを自転および公転させるためのサンギヤ31とインターナルギヤ32、研磨布25が貼付された上定盤22及び下定盤23、及びスラリー供給手段34を有しており、ウエーハ24を複数のキャリアプレート26のウエーハ保持孔に挿入・保持し、これらのキャリアプレート26を研磨布25が貼付された上定盤22及び下定盤23で上下から挟み込んで、スラリー供給手段34からスラリーを供給しながら、サンギヤ31とインターナルギヤ32とでキャリアプレート26を自転および公転させるとともに、上定盤22及び下定盤23をウエーハに対して垂直な回転軸を中心に回転させることにより、ウエーハ24の表裏両面を同時に研磨することができる。

【0081】

このとき、上定盤22には、回転及び研磨荷重をかけるシリンダー27、その

荷重を上定盤に伝えるハウジング 2 8、また、このハウジング 2 8 と上定盤 2 2 を固定するボルト等の固定手段 2 9 が設置されており、さらに上定盤 2 2 内には定盤の温度を制御するための温調手段（不図示）を具備している。

【 0 0 8 2 】

この上定盤 2 2 の荷重支点は、上定盤 2 2 とハウジング 2 8 の接合部分である固定手段 2 9 にある。本発明の両面研磨装置 2 1 は、上定盤 2 2 の荷重支点である固定手段 2 9 近傍の荷重支点部、例えば図 3 に示すように固定手段 2 9 の外周側と中心側の 2 点に形状調整手段 3 3 を設置し、この設置した形状調整手段 3 3 を調節することによって、上定盤 2 2 を機械的に押圧してその形状を強制的に変形させることができる。このように本発明の両面研磨装置は、ウエーハを研磨する際に研磨布 2 5 の研磨能力等の経時的な変化に応じて形状調整手段 3 3 を調節して上定盤 2 2 の形状を強制的に精度良く制御することができるため、ウエーハを高精度に安定して研磨することができる両面研磨装置とすることができる。

【 0 0 8 3 】

このとき、形状調整手段 3 3 は特に限定されるものではないが、例えばマイクロメータであることが好ましい。このように形状調整手段がマイクロメータであれば、マイクロメータを正確に調節することによって、上定盤を機械的に所望の大きさで押圧して強制的に変形することができ、定盤を所望の形状に精度良く変形させることができる。

【 0 0 8 4 】

一方、下定盤 2 3 には、モータ及び減速機（不図示）からの回転を下定盤に与えるシリンダー 2 7、定盤の荷重を支えるスラスト軸受け 3 0 が設置されており、また下定盤 2 3 内には定盤の温度を制御するための温調手段（不図示）を具備している。

【 0 0 8 5 】

これらの上定盤 2 2 および下定盤 2 3 の材質は、ステンレス鋼（SUS）であることが好ましく、それによって、形状調整手段等による定盤の変形を容易に行うことができる。また、上定盤 2 2 の下面および下定盤 2 3 の上面に貼付される研磨布 2 5 は特に限定されるものではないが、前記と同様に、一般的な研磨布で

ある硬質発泡ウレタンパッド、不織布にウレタン樹脂を含浸・硬化させた軟質の不織布パッド等を用いることができる。

【0086】

また、スラリー供給手段34は、上定盤にロータリジョイント（不図示）を介してスラリー供給孔を設けることにより構成され、例えば、不図示の電磁弁等によりスラリーの供給量を変化させることができる。また、スラリー供給手段を複数形成することができ、ウエーハの表面に常にスラリーが供給されるように配置されていることが好ましい。

【0087】

このような両面研磨装置21において、上定盤22の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点のPCDと、複数のキャリアプレート26の中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレート中心のPCDとを一致させることが好ましい。

【0088】

具体的に説明すると、上述のように、両面研磨装置21の上定盤22の荷重支点は、上定盤22とハウジング28の接合部分である固定手段29にある。したがって、上定盤荷重支点のPCDとは、上定盤の荷重支点である固定手段29の中心を円で結んだ時の円の直径で表すことができる。また、このような両面研磨装置21のキャリアプレート26には複数のウエーハ保持孔が形成されており、キャリアプレートの保持孔中心を円で結んだ時の円の平均的な直径であるウエーハ保持孔中心のPCDを上定盤荷重支点のPCDと一致させることは難しい。そのため、このような両面研磨装置21の場合は、複数のキャリアプレート26の中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレート中心のPCDを上定盤荷重支点のPCDと一致させるようにする。それによって、ウエーハを研磨する際の、研磨スラリーの供給量の調節、また形状調整手段の調整等に対する定盤変形の応答性（特に直線性）を向上させることができ、研磨されるウエーハ形状を高精度に制御し安定して研磨を行うことができる両面研磨装置とすることができる。

【0089】

このとき、上定盤荷重支点のPCDとキャリアプレート中心のPCDを一致させるとは、完全に一致させることが望ましいが、前述と同様に、公差5mm以内で一致させれば良く、それによって、研磨条件の調節に対する定盤変形の応答性を向上させることができ、本発明はこのような多少の公差がある場合も含まれる。

【0090】

次に、図3に示す4ウェイ方式の両面研磨装置を用いて、ウエーハの表裏両面を同時に研磨する方法を示す。

まず、ウエーハ24をウエーハ保持孔が形成された複数のキャリアプレート26に挿入・保持した後、キャリアプレート26に保持されたウエーハ24を、上下定盤22、23を回転軸線方向へ進退させる昇降装置（不図示）を用いて研磨布25が貼付された上定盤22及び下定盤23で挟み込む。その後、スラリー供給手段34からスラリーを供給しながら、上側回転モータ（不図示）からシリンダー27を介して上定盤22を水平面内で回転させ、また下側回転モータ（不図示）からシリンダー27を介して下定盤23を水平面内で回転させる。それと同時に複数のキャリアプレート26をサンギヤ31とインターナルギヤ32とで自転および公転させることによって、ウエーハの表裏両面を均一に研磨することができる。

【0091】

このとき、上定盤および下定盤の回転速度、各回転方向、上定盤および下定盤のウエーハに対しての押圧力等は限定されるものではなく、従来行われている条件で研磨することができる。

【0092】

そしてウエーハの表裏両面を同時に研磨する際に、スラリー供給手段34から供給されるスラリーの供給量を調節することによって、研磨面の温度を制御することができ、それによって、定盤形状を優れた応答性で制御しつつウエーハを研磨でき、ウエーハ形状を悪化させることなく安定した研磨を行うことができる。その際、使用するスラリーの種類は、前述と同様に限定されない。

【0093】

このとき、スラリーの供給量の調節を研磨布の使用時間に応じて行うことが好ましく、それによって、研磨布の研磨能力等の経時変化に合わせて定盤形状を精度良く制御することができる。例えば、スラリーの供給量の調節は、研磨布の使用時間が長くなるにつれスラリーの供給量が経時的に減少するように調節すれば良く、その割合は研磨装置や研磨条件により適宜設定される。このように、スラリーの供給量の調節を研磨布の使用時間に応じて行うことによって、研磨の進行にともなうウェーハ形状の変化を相殺するように定盤形状を変形させることができ、ウェーハ形状を容易に制御しながら研磨を行うことができる。また、複数バッチのウェーハを研磨する際にも、ウェーハ形状の経時的な変化を抑制でき、ウェーハの形状を悪化させることなく、ウェーハ形状を精度良く制御して安定して研磨を行うことができる。

【 0 0 9 4 】

一方、上記のようにウェーハの表裏両面を同時に研磨する際に、上定盤 2 2 の荷重支点部に形状調整手段 3 3 を設け、この形状調整手段 3 3 を調節して定盤形状を制御しつつウェーハを研磨する。それによって、上定盤の形状を、例えば図 2 (b) 及び (c) に示すように、形状調整手段により強制的に変形させることができ、また予め研磨温度等の研磨条件とウェーハ形状の変化との関係を明らかにしておき、その関係に基づいてマイクロメータを適切に調節することによって、研磨の進行にともなうウェーハ形状の変化を相殺するように定盤形状を変形させることができ、ウェーハ形状を容易に制御しながら研磨を行うことができる。さらに、複数バッチのウェーハの研磨を行う際にも、ウェーハ形状の経時的な変化を抑制でき、ウェーハの形状を悪化させることなく精度良く制御して安定した研磨を行うことができる。

【 0 0 9 5 】

さらにこのとき、上定盤 2 2 の荷重支点を円で結んだ時の円の直径である上定盤荷重支点の P C D と複数のキャリアプレートの中心を円で結んだ時の円の直径であるキャリアプレート中心の P C D とを一致させてウェーハを研磨することが好ましい。このように、上定盤荷重支点の P C D とキャリアプレート中心の P C D とを一致させることによって、スラリーの供給量の調節による定盤形状の制御

、及び形状調整手段の調節による定盤形状の制御の応答性を向上させることができ、定盤形状を高精度に制御することができる。したがって、研磨の進行にともなうウェーハ形状の経時的な変化に対して、その変化を相殺するように定盤形状を精度良く制御することが可能となるため、ウェーハ形状を一層容易に制御しながら研磨を行うことができる。それによって、複数バッチのウェーハを繰り返し研磨する際でも、ウェーハ形状を精度良く維持し、安定して研磨を行うことができる。

【0096】

このとき、スラリー供給量の変化（調節）による定盤変形の応答性、及び形状調整手段の調節による定盤変形の応答性は、前述の両面研磨装置1と同様に、たいへん良好である。従って、例えば、同じ研磨布を用い連続して研磨を繰り返すことによって生じるウェーハ形状の変化に対し、これを相殺するように、ウェーハ形状の応答性（直線性）を考慮してスラリー供給量または形状調整手段を調節することにより、ウェーハ形状を悪化させることなく、高精度で安定した研磨を行うことができる。

【0097】

さらに、スラリーの供給量と形状調整手段とを合わせて調節することにより、また定盤温度も定盤内の温調手段により合わせて調節することにより、より高精度にかつ容易に定盤形状を制御することができる。それによって、複数バッチのウェーハを繰り返し研磨しても、バッチ毎のウェーハの形状を極めて高精度に維持でき、安定して研磨を行うことができる。

【0098】

尚、これらのスラリーの供給量の調節及び形状調整手段の調節による定盤形状の制御は、前述と同様に、研磨バッチ毎に調節しても良いし、研磨中に調節しても良い。

【0099】

【実施例】

以下、実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

(実施例1)

ウエーハの両面研磨装置として、図1に示すような、上定盤荷重支点のPCDが600mm、キャリアプレートの保持孔中心（キャリアプレートに保持されたウエーハ中心）のPCDが600mmであり、研磨中にキャリアプレートの保持孔中心で作るピッチ円の平均的な位置と上定盤荷重支点で作るピッチ円の位置を一致させるようにしたキャリアプレートが自転をとみなわない円運動で運動する両面研磨装置を用いて、スラリー供給量を調節して定盤形状を制御しつつ、20バッチ分のシリコンウエーハを繰り返し研磨した。

【0100】

まず、キャリアプレート（5つの保持孔を有するキャリアプレート）の各ウエーハ保持孔に5枚（1バッチ）の直径300mmのシリコンウエーハをそれぞれ回転可能に挿入した。各ウエーハは、軟質不織布（研磨パッド）が貼付された上下定盤により 200 g/cm^2 の押圧力で押し付けられて、上定盤と下定盤を回転軸を中心に回転させるとともに、キャリアプレートに自転をとみなわない円運動をさせて研磨が行なわれた。スラリーは、pH10.5のアルカリ溶液中に、粒度 $0.05\text{ }\mu\text{m}$ のコロイダルシリカからなる研磨砥粒を分散したものを使用し、初期スラリー供給量4.0リットル/分で実施した。

【0101】

20バッチのウエーハを研磨中、研磨布は取り替えられることなく、5バッチの研磨毎に0.2リットル/分ずつスラリー供給量を低下させることによってウエーハ形状の変化を補正しながら、繰り返し研磨を行った。

【0102】

研磨後、得られたウエーハの形状について、GBIRで評価した。GBIR（Global Back Ideal Range）とは、ウエーハ面内に1つの基準面を持ち、この基準面に対する最大、最小の位置変位の幅と定義され、従来からの慣例の仕様であるTTV（全厚さ偏差）に相当するものである。今回の測定には、ADE社製の静電容量型フラットネス測定器（AFS3220）を用い評価を行った。その際、1バッチ目のGBIRを基準とし、その相対的变化をプロットした。その結果を図7に示す。

【0103】

(比較例1)

比較のため、実施例1と同様のウエーハの両面研磨装置を用いて、スラリーの供給量を調節することなく一定に維持して、20バッチのシリコンウエーハを連続して研磨を行なった。その他の研磨条件については実施例1と同様にした（特に研磨布の使用時間が同じ程度のものを用いた）。

研磨後得られたウエーハの形状についてGBIRで評価し、1バッチ目のGBIRを基準とし、その相対的变化をプロットした。その結果を図7に重ねて示す。

【0104】

図7に示したように、実施例1では、スラリーの供給量を調節することによって、ウエーハ形状を一定範囲内に制御することができ、複数バッチのウエーハを研磨してもウエーハ形状を管理目標値（管理上限値）の範囲内に維持することができた。しかしながら、比較例1では、研磨バッチ数が増えるにつれて（研磨布の使用頻度が増えるにつれて）ウエーハ形状が悪化し、研磨バッチ数が10バッチを越えると管理目標値（管理上限値）の範囲外になってしまった。

【0105】

(実施例2及び比較例2)

次に、ウエーハの両面研磨装置として、実施例1と同様の両面研磨装置を用い、温調手段である定盤内の配管に25℃に制御された水を供給して直径300mmのシリコンウエーハを1バッチ研磨した後、定盤内の温調手段に温水を流し温度を40℃に変更して次のバッチのシリコンウエーハの研磨を行った。その際、定盤の温度変化に応じてマイクロメータによる形状調整手段を調節し、上定盤の形状を強制的に図2(b)の状態に変形させて研磨を行って得られたウエーハ（実施例2）と、形状調整手段を用いずに研磨を行って得られたウエーハ（比較例2）について、それらのウエーハ形状を比較した。

【0106】

その結果、定盤温度の変化の際に、形状調整手段を調節して研磨を行った実施例2のウエーハの形状は、25℃の定盤内温度で研磨した1バッチ目のウエーハ

とほぼ同じ形状であった。このように上定盤に設けた形状調整手段を調節することにより、定盤温度のような研磨条件が大きく変化した場合でも、ウェーハ形状を制御して研磨することができた。それに対して、形状調整手段を用いずに研磨を行った比較例 2 のウェーハの形状は、ウェーハ形状が極端な中凸形状となっていた。

【0107】

(実施例 3 及び比較例 3)

ウェーハの両面研磨装置として、図 3 に示すような、上定盤荷重支点の PCD が 800 mm、キャリアプレート中心の PCD が 800 mm である 4 ウェイ方式の両面研磨装置を用いて、実施例 3 としてスラリー供給量を調節して定盤形状を制御しつつ研磨する場合と比較例 3 としてスラリー供給量を一定に維持して研磨する場合について、20 バッチ分のウェーハを繰り返し研磨した。

【0108】

まず、5 つのキャリアプレートのそれぞれに形成された 3 つのウェーハ保持孔に直径 300 mm のシリコンウェーハを合計 15 枚 (1 バッチ) 挿入した。各ウェーハは、軟質不織布 (研磨パッド) が貼付された上下定盤により 200 g/cm^2 の押圧力で押し付けられ研磨が行なわれた。スラリーは、pH 10.5 のアルカリ溶液中に、粒度 $0.05 \mu\text{m}$ のコロイダルシリカからなる研磨砥粒を分散したものを使用し、初期スラリー供給量 5.0 リットル/分 で実施した。また、20 バッチのウェーハを研磨中、研磨布は取り替えられることなく、実施例 3 では 5 バッチの研磨毎に 0.2 リットル/分 ずつスラリー供給量を低下させることによってウェーハ形状の変化を補正しながら繰り返し研磨を行い、また比較例 3 ではスラリー供給量を調節することなく一定に維持して繰り返し研磨を行なった。その他の研磨条件については、実施例 3 及び比較例 3 とともに同様にした。

【0109】

研磨後得られたウェーハの形状について、実施例 3 及び比較例 3 とともに GBIR で評価し、1 バッチ目の GBIR を基準とし、その相対的变化をプロットした。その結果を図 8 に重ねて示す。

【0110】

図 8 に示したように、実施例 3 では、スラリーの供給量を調節することによって、ウエーハ形状を一定範囲内に制御することができ、複数バッチのウエーハを研磨してもウエーハ形状を管理目標値（管理上限値）の範囲内に維持することができた。しかしながら、比較例 3 では、研磨バッチ数が増えるにつれて（研磨布の使用頻度が増えるにつれて）ウエーハ形状が悪化し、研磨バッチ数が 1 0 バッチを越えると管理目標値（管理上限値）の範囲外になってしまった。

【 0 1 1 1 】

（実施例 4 及び比較例 4）

次に、ウエーハの両面研磨装置として、実施例 3 及び比較例 3 と同様の両面研磨装置を用い、定盤内の温調手段の温度を 2 5℃に制御して直径 3 0 0 m m のシリコンウエーハを 1 バッチ研磨した後、定盤内の温調手段の温度を 4 0℃に変更して次のバッチのシリコンウエーハの研磨を行った。その際、定盤内の温度変化に応じてマイクロメータによる形状調整手段を調節し、上定盤の形状を強制的に図 2（b）の状態に変形させて研磨を行って得られたウエーハ（実施例 4）と、形状調整手段を用いずに研磨を行って得られたウエーハ（比較例 4）について、それらのウエーハ形状を比較した。

【 0 1 1 2 】

その結果、定盤温度の変化の際に、形状調整手段を調節して研磨を行った実施例 4 のウエーハの形状は、2 5℃の定盤内温度で研磨した 1 バッチ目のウエーハとほぼ同じ形状であった。このように上定盤に設けた形状調整手段を調節することにより、定盤温度のような研磨条件が大きく変化した場合でも、ウエーハ形状を制御して研磨することができた。それに対して、形状調整手段を用いずに研磨を行った比較例 4 のウエーハの形状は、ウエーハ形状が極端な中凸形状となっていた。

【 0 1 1 3 】

なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は単なる例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

【0114】

例えば、上記実施の形態において、本発明の両面研磨装置の一例として、キャリアプレートの運動がキャリアプレートの自転をとまなわない円運動をするものを示したが、本発明はこれに限定されるものではなく、ウエーハを均一に研磨できるようなキャリアプレートの運動であればどのような運動をする両面研磨装置であってもよい。

【0115】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、ウエーハの研磨を行う際に、供給されるスラリーの供給量を調節すること、また上定盤の荷重支点部に形状調整手段を設け、該形状調整手段を調節することにより、定盤形状を優れた応答性で制御することができる。それによって、ウエーハ形状を精度良く安定させて研磨を行うことができ、また、複数バッチのウエーハを繰り返し研磨する場合でも、ウエーハの形状を悪化させることなく、バッチ毎のウエーハ形状を高精度で制御して安定した研磨を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明に係る両面研磨装置の一例を示す概略断面説明図である。

【図2】

形状調整手段の調節による上定盤の変形を示した概略説明図である。

【図3】

本発明に係る別の形態の（4ウェイ方式の）両面研磨装置の一例を示す概略断面説明図である。

【図4】

従来の両面研磨装置の一例を示す概略断面説明図である。

【図5】

スラリーの供給量の変化に対するウエーハ形状の応答性を示したグラフである。

【図6】

形状調整手段の調節によるウエーハ形状の応答性を示したグラフである。

【図 7】

実施例 1 及び比較例 1 において、複数バッチのウエーハを繰り返し研磨したときのウエーハ形状の制御性について評価したグラフである。

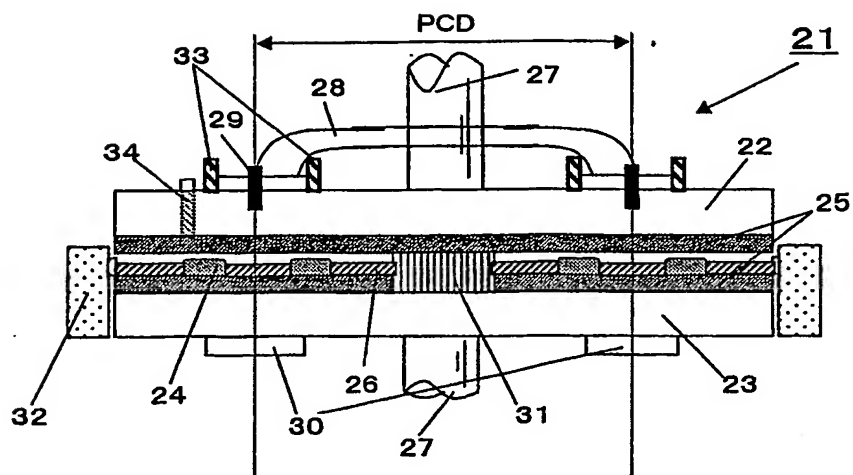
【図 8】

実施例 3 及び比較例 3 において、複数バッチのウエーハを繰り返し研磨したときのウエーハ形状の制御性について評価したグラフである。

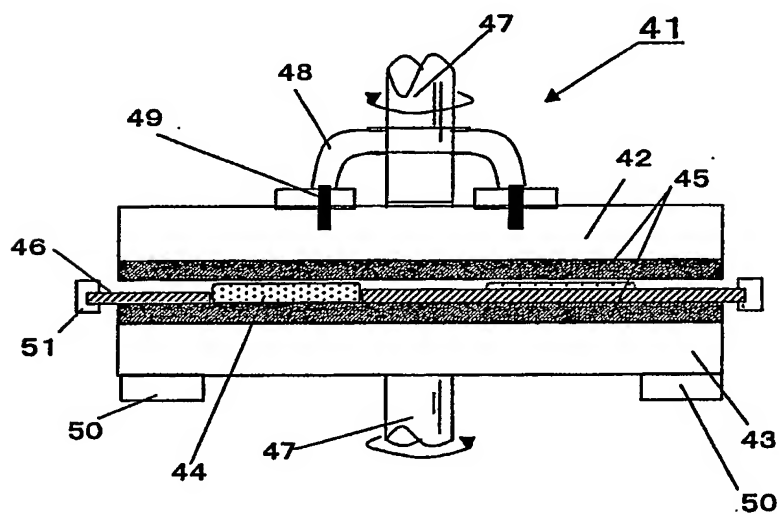
【符号の説明】

- 1 … 両面研磨装置、 2 … 上定盤、 3 … 下定盤、
4 … ウエーハ、 5 … 研磨布、 6 … キャリアプレート、
7 … シリンダー、 8 … ハウジング、 9 … 固定手段、
10 … スラスト軸受け、 11 … キャリアホルダ、
11 (a) … 軸受部、 11 (b) … 環状部、
12 … 偏心アーム、 12 (a) … 偏心軸、 12 (b) … 回転軸、
13 … スプロケット、 14 … タイミングチェーン、
15 … 形状調整手段、 16 … スラリー供給手段、
21 … 4 ウェイ方式の両面研磨装置、 22 … 上定盤、 23 … 下定盤、
24 … ウエーハ、 25 … 研磨布、 26 … キャリアプレート、
27 … シリンダー、 28 … ハウジング、 29 … 固定手段、
30 … スラスト軸受け、 31 … サンギア、 32 … インターナルギア、
33 … 形状調整手段、 34 … スラリー供給手段。

【図3】

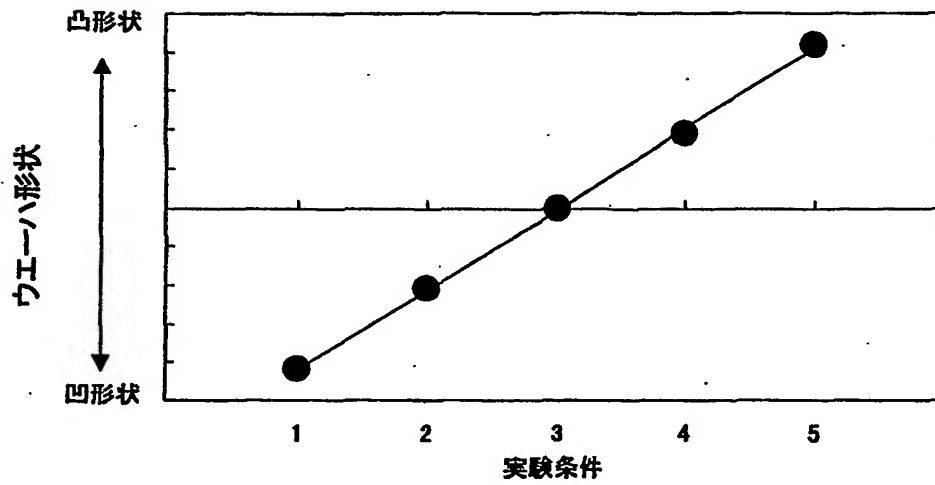


【図4】



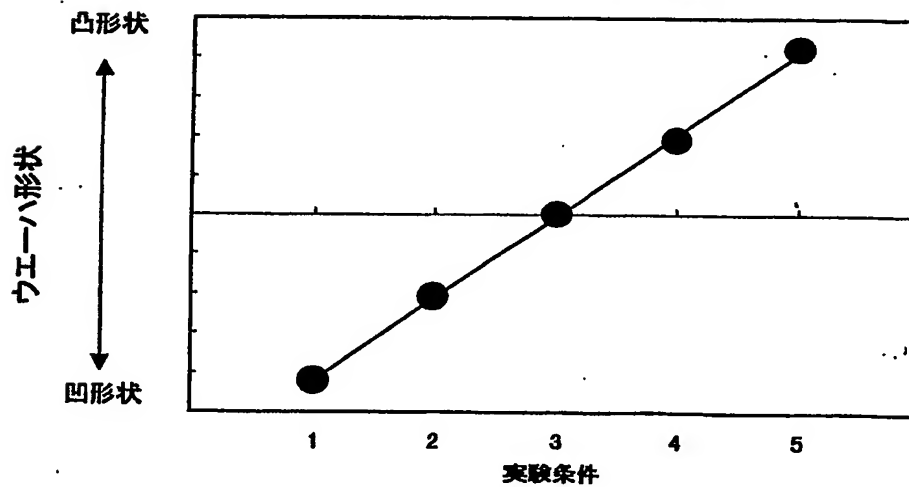
【図 5】

スラリーの供給量の変化に対する
ウェーハ形状の応答性

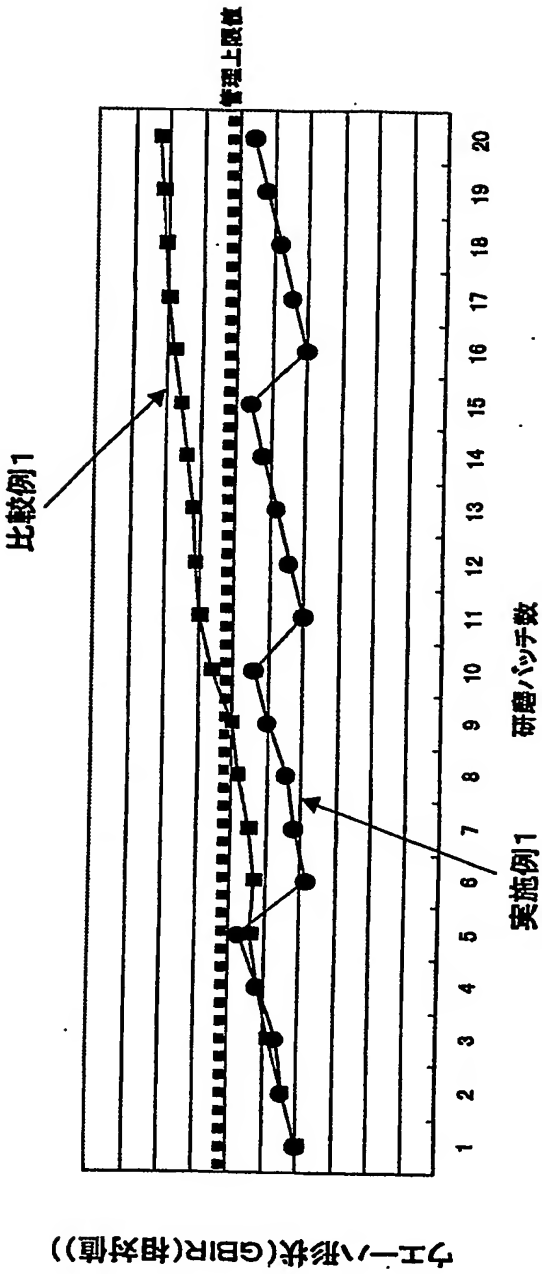


【図 6】

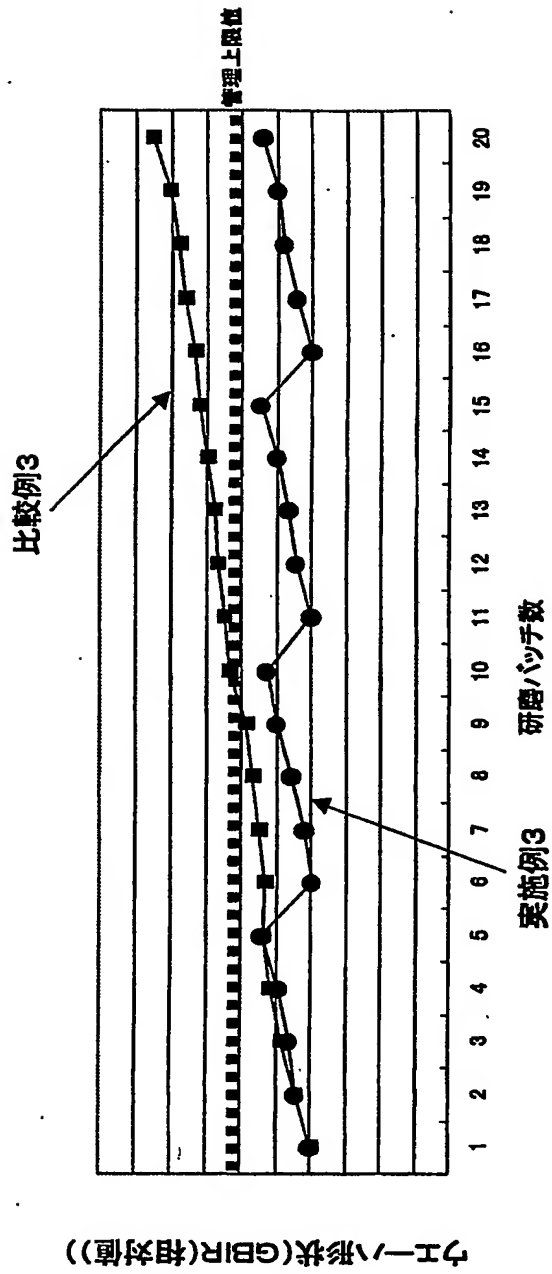
形状調整手段の調整による
ウェーハ形状の応答性



【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 研磨布のライフや目詰まり等に起因する研磨能力等の経時的な変化に対して、定盤形状を高精度に制御することによりウエーハ形状を精度良く制御でき、またウエーハを複数バッチ繰り返し研磨しても高精度で安定して研磨することができるウエーハの両面研磨装置及び両面研磨方法を提供する。

【解決手段】 少なくとも、ウエーハ保持孔を有するキャリアプレート、研磨布が貼付された上定盤及び下定盤、及びスラリー供給手段を有し、前記ウエーハ保持孔内にウエーハを保持して、スラリーを供給しながら、前記上下定盤間でキャリアプレートを運動させてウエーハの表裏両面を同時に研磨する両面研磨装置において、前記上定盤の荷重支点部に形状調整手段を有することを特徴とするウエーハの両面研磨装置

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000190149]

1. 変更年月日 1990年 8月 7日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

氏 名 信越半導体株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [390004581]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	群馬県群馬郡群馬町足門762番地
氏 名	三益半導体工業株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.